

**BEST AVAILABLE COPY****PATENT ABSTRACTS OF JAPAN**

(11)Publication number : 09-091660

(43)Date of publication of application : 04.04.1997

(51)Int.Cl.

G11B 5/66  
G11B 5/02

(21)Application number : 07-245940

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 25.09.1995

(72)Inventor : FUTAMOTO MASAOKI  
HONDA YUKIO  
HIRAYAMA YOSHIYUKI  
INABA NOBUYUKI  
NAKAMURA ATSUSHI  
TAKAYAMA TAKANOBU**(54) MAGNETIC RECORDING MEDIUM AND MAGNETIC RECORDER APPLYING THE SAME****(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain a perpendicular magnetic recording medium fit for high density magnetic recording.

**SOLUTION:** A magnetic film and a protective film 104 are laminated on a nonmagnetic substrate 101 directly or via a nonmagnetic underlayer on the substrate 101 and the magnetic film is made of a laminated film consisting of mutually different perpendicularly magnetized films 102, 103. The objective magnetic recording medium ensuring low medium noise and having high reproduction output is obtd.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination] 10.10.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 02.09.2003

[Kind of final disposal of application other

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-91660

(43) 公開日 平成9年(1997)4月4日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 1 1 B 5/66			G 1 1 B 5/66	
5/02		9559-5D	5/02	D

審査請求 未請求 請求項の数17 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平7-245940

(22) 出願日 平成7年(1995)9月25日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 二本 正昭

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 本多 幸雄

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 平山 義幸

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74) 代理人 弁理士 蔭田 利幸

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気記録媒体およびこれを応用した磁気記録装置

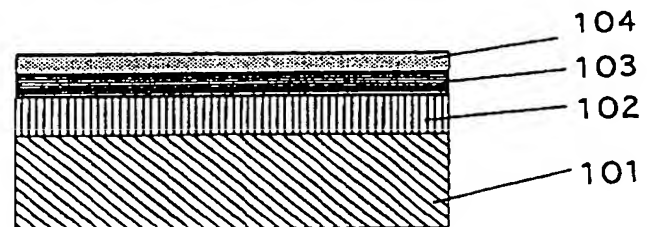
(57) 【要約】

【課題】 密度磁気記録に好適な垂直磁気記録媒体を提供する。

【解決手段】 非磁性基板101上に、直接もしくは非磁性下地層を介して積層された磁性膜および保護膜104からなる磁気記録媒体であって、上記磁性膜が、互いに異なる垂直磁化膜102および103の積層膜から形成されている。

【効果】 媒体ノイズが低く、しかも、再生出力の大きい磁気記録媒体が得られる。

図 1



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】非磁性基板の表面上に、順次積層して形成された磁性膜および保護膜を少なくとも具備し、上記磁性膜は、特性が互いに異なる第 1 の垂直磁化膜および第 2 の垂直磁化膜が積層されてなる膜であることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項 2】上記第 1 の垂直磁化膜は多結晶構造を有する単層の垂直磁化膜であり、上記第 2 の垂直磁化膜は多層構造を有する垂直磁化膜若しくは非晶質構造を有する垂直磁化膜であることを特徴とする請求項 1 に記載の磁気記録媒体。

【請求項 3】上記多結晶構造を有する垂直磁化膜と上記非磁性基板の間には軟磁性体膜が介在していることを特徴とする請求項 2 に記載の磁気記録媒体。

【請求項 4】上記多結晶構造を有する垂直磁化膜と上記多層構造を有する垂直磁化膜の間には非磁性体膜が介在していることを特徴とする請求項 2 に記載の磁気記録媒体。

【請求項 5】上記多結晶構造を有する垂直磁化膜と上記基板の間には軟磁性体膜が介在し、上記多結晶構造を有する垂直磁性膜と、上記多層構造を有する垂直磁化膜の間には、非磁性体膜が介在していることを特徴とする請求項 4 に記載の磁気記録媒体。

【請求項 6】上記多結晶構造を有する垂直磁化膜と上記非磁性基板の間には非磁性の下地膜が形成されていることを特徴とする請求項 2 に記載の磁気記録媒体。

【請求項 7】上記第 1 の磁性膜は非晶質構造を有する垂直磁化膜であることを特徴とする請求項 1 に記載の磁気記録媒体。

【請求項 8】上記第 2 の磁性膜は多結晶構造を有する垂直磁化膜であることを特徴とする請求項 7 に記載の磁気記録媒体。

【請求項 9】上記多結晶構造を有する垂直磁化膜は上記非晶質構造を有する垂直磁化膜の上側に配置されていることを特徴とする請求項 8 に記載の磁気記録媒体。

【請求項 10】上記非晶質構造を有する垂直磁化膜と上記基板の間には、軟磁性体膜が介在していることを特徴とする請求項 9 に記載の磁気記録媒体。

【請求項 11】上記保護膜の上には潤滑層が形成されていることを特徴とする請求項 10 に記載の磁気記録媒体。

【請求項 12】上記多結晶構造を有する垂直磁化膜は、Cr、Ta、Pt、B、Re、Ru、V、Nb、W、Mo、Ti、Zr、Hf、Fe、Ni、Si、P、O および N からなる群から選択された少なくとも 1 種の元素を含む六方最密構造を有する Co 合金遷移金属を基体とする膜であることを特徴とする請求項 2 から 11 のいずれかに記載の磁気記録媒体。

【請求項 13】上記多層構造を有する垂直磁化膜は、Co および Co 合金から選択された材料からなる膜と P

2

t、Pt 合金、Pd および Pd 合金から選択された材料からなる膜が、交互に積層された膜であることを特徴とする請求項 2 から 6 のいずれかに記載の磁気記録媒体。

【請求項 14】上記非晶質の垂直磁化膜は、遷移金属を含む稀土類を基体とする膜であることを特徴とする請求項 2 から 11 のいずれかに記載の磁気記録媒体。

【請求項 15】磁気記録媒体、誘導リング型の記録用の薄膜磁気ヘッド素子および磁気抵抗効果を応用した再生用のヘッド素子を組み合わせる記録再生分離型ヘッドを具備し、上記記録媒体は請求項 1 から 14 のいずれかに記載された磁気記録媒体であることを特徴とする磁気記録装置。

【請求項 16】上記磁気記録媒体の上記磁性膜の表面と上記磁気ヘッド素子の先端の間の距離を、0.02～0.08 μm の範囲に保って磁気記録再生が行なわれることを特長とする請求項 15 に記載の磁気記録装置。

【請求項 17】上記磁気ヘッド素子のトラック幅は 0.3 μm～2 μm であり、利用線記録密度の最大値は少なくとも 100 kFCI であることを特徴とする請求項 15 若しくは 16 に記載の磁気記録装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は磁気記録媒体およびこれを用いた磁気記憶装置に関し、特に磁気記録媒体から発生するノイズを著しく低減できるとともに、大きな再生出力を得ることができる、改良された垂直磁気記録媒体およびこれを用いた磁気記録装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】垂直磁気記録は、磁気記録媒体の膜面に対して垂直方向に情報の記録を行うものであって、高密度記録の際の各ビット間の反磁界が小さいので、記録密度を上げるのに適した方式である。垂直磁気記録に使用できる磁気記録媒体としては、Co-Cr、Co-V、Co-Mo、Co-W、Co-Re、Co-Cr-Ta、Co-Cr-Pt、Co-Cr-Ta-Pt および Co-Cr-Pt-B など、Co 基合金膜が用いられた。これらの Co 基合金膜は六方最密 (hcp) 構造を持ち、薄膜を構成する結晶粒の c 軸が垂直に配向しやすい性質を持っている。また、IEEE Trans. Magnetics, MAG-15, 1456(1979)において論じられているように、磁気記録の感度を高くするためには、上記 Co 基合金膜の下に、パーマロイなどの高透磁率を持った軟磁性材料からなる薄膜を設けることが有効とされている。Co 膜と Cr 膜からなる多層膜 (特開平 1-298519)、Co 膜と Pd もしくは Pt 膜の交互積層膜 (特開平 2-03102、特開平 3-80421) および Co-CoO 膜 (特開昭 63-281215) からなる垂直磁化膜などが、それぞれ提案されており、さらに、従来は光磁気記録膜として検討されてきた Tb など稀土類金属に Fe な

3

どの遷移金属を添加した非晶質合金膜も、磁気記録用の垂直磁化膜として検討され始めている。

【0003】パーマロイなどの高透磁率を有する軟磁性材料からなる薄膜を設けた垂直磁気記録媒体は、単磁極ヘッドからなる自己録再生用型ヘッドもしくは単磁極ヘッドと磁気抵抗効果(MR)型の再生ヘッドからなる録再生分離型ヘッドと組み合わせて用いられる。一方、単層垂直磁化膜からなる磁気記録媒体の場合は、自己録再生兼用型のリングヘッドもしくはリングヘッドとMR再生ヘッドを組み合わせた録再生分離型ヘッドと組み合わせて用いられる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】磁気記録の面密度を向上させるためには、磁気記録の分解能を向上するとともに十分な再生出力を確保し、かつ磁気記録媒体から発生するノイズを低減し、再生信号のS/Nを向上させることが必要である。従来の垂直磁気記録技術では、磁気記録の面記録密度が $2\text{Gb/in}^2$ 以上になると、従来の媒体では媒体のノイズ低減が困難になるとともに高密度記録時の再生出力が低下し、充分なエラーレートが得難くなるという問題が生じていた。

【0005】本発明の目的は、上記従来の磁気記録技術の有する問題を解決し、高密度磁気記録を行なうことのできる磁気記録媒体およびこれ用いた磁気記録装置を提供することである。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明は、磁気記録媒体を構成する磁性膜を、複数の層の積層膜とし、それぞれの層に機能分担させることにより、高出力、高分解能、低ノイズ特性を実現するものである。例えば、第1の磁性膜に低ノイズおよび高分解能特性を有する磁性膜を用い、第2層の磁性膜として高出力特性を有する磁性膜を用いて積層することにより、上記目的が達成される。

【0007】

【発明の実施の形態】磁化容易軸が垂直配向した例えばCo合金系の多結晶垂直磁化膜は、高分解能で低ノイズであるが、膜面垂直方向で測定した磁化曲線の残留磁化が小さいため、磁気ヘッドとして用いたときの再生出力が低いという問題点がある。これに対し、例えばCo膜とPt膜を交互に積層して形成された多層膜からなる垂直磁化膜は、記録再生を行ったときの媒体ノイズは大きい、磁化曲線の残留磁化が大きく、再生出力が大きいという特徴がある。このような異なる種類の垂直磁化膜を、直接もしくは薄い非磁性層を介して基板上に積層することにより、両者の長所を引き出すことができ、高分解能、低ノイズ、高出力の垂直磁気記録媒体を実現することができる。

【0008】すなわち、上記多層膜からなる垂直磁化膜は垂直性の向上に有効で、一方、多結晶構造を有する垂

4

直磁化膜をノイズを低減して記録再生特性の向上に有効であり、両者を組合わせて使用することによって極めて優れた磁気記録媒体が得られることが確認された。

【0009】上記二つの垂直磁化膜の間に、薄い非磁性膜を介在させることにより、磁性膜間の磁気的な結合力を調整することができるので磁気媒体ノイズが低減される。この非磁性膜の望ましい膜厚は $0.1\sim 10\text{nm}$ 、特に望ましい範囲は $0.5\sim 5\text{nm}$ である。

【0010】Co合金系の多結晶垂直磁化膜としては、Co-Cr、Co-V、Co-Mo、Co-W、Co-Re、Co-Cr-Ta、Co-Cr-Pt、Co-Cr-Pt-Ta、Co-Cr-Pt-Bなどを用いることができ、これにCr、Ta、Pt、B、Re、Ru、V、Nb、W、Mo、Ti、Zr、Hf、Fe、Ni、Si、B、O、Nから選ばれてなる少なくとも1種の元素を含む六方最密構造のCo合金が最適である。

【0011】Co合金に $\text{SiO}_2$ や $\text{ZrO}_2$ が添加された混合物、あるいはCo-CoOのように、六方最密構造のCoに他の結晶構造を持った材料が混じった混合物であってもよい。これらCo合金系多結晶膜の望ましい膜厚は、 $10\sim 100\text{nm}$ である。多層構造を有する垂直磁化膜としては、CoもしくはCo合金とPt、Pt合金、Pd、Pd合金のいずれかの膜からなる多層膜が適当である。この多層膜の望ましい膜厚は、 $5\sim 50\text{nm}$ である。

【0012】図1に、非磁性基板101上に上記2種の磁性膜102、103を積層して形成した本発明による磁気記録媒体の断面構造を示した。基板101と多結晶磁性膜102の間に、必要に応じて、多結晶磁性膜103と基板101の間の接着力強化あるいは磁性膜の構造制御のための非磁性の下地膜(図示せず)を介在させてもよい。

【0013】また、本発明の磁気記録媒体は、図2に示すように、基板101と磁性膜102との間に軟磁性膜205を介在させても良い。さらに、図1、図2に示した多層膜からなる垂直磁化膜103の代わりに、光磁気記録膜として検討されているTbなどの稀土類金属にFeなどの遷移金属が添加された非晶質合金膜を用いても同様の望ましい効果が得られる。さらに、媒体ノイズを低減するためには、図3、4に示したように、2枚の磁性膜102、103の間に、非磁性膜305を介在させることが有効であることが認められた。

【0014】図1から図4に示した磁気記録媒体において、上記2枚の磁性膜102、103の積層順を逆にしても、同等の望ましい効果が得られる。また、上記2枚の垂直磁化膜102、103を複数回繰り返して積層しても良い。

【0015】図1、図3に示した軟磁性膜を持たない磁気記録媒体は、自己録再生兼用のリングヘッドもしくは記録用にリングヘッド再生用にMRヘッドを用いた録

5

音再生分離ヘッドと組み合わせて用いられる。図2、4に示した軟磁性膜を有する磁気記録媒体は、単磁極ヘッドからなる自己録音再生兼用型ヘッドもしくは単磁極ヘッドとMR再生ヘッドを組み合わせた録音再生分離ヘッドを組み合わせて用いることができる。磁気記録の面記録密度が  $2 \text{ Gb/in}^2$  以上の場合、磁気記録媒体表面と磁気ヘッド先端とのスペーシングを  $0.1 \mu\text{m}$  以下、望ましくは  $0.08 \mu\text{m}$  以下  $0.02 \mu\text{m}$  以上に設定しなければならない。  $0.1 \mu\text{m}$  以上になると  $2 \text{ Gb/in}^2$  以上の面記録密度を実現するのに必要な線記録密度が  $100 \text{ kFCI}$  以上の磁気信号が有効に記録できなくなり、また、  $0.02 \mu\text{m}$  以下では磁気記録媒体表面に設ける耐摺動保護膜や潤滑膜の厚さが不十分となり、耐久性が極端に劣化するので望ましくない。

【0016】記録再生に用いる磁気ヘッドのトラック幅の望ましい範囲は  $2 \mu\text{m}$  以下、  $0.3 \mu\text{m}$  以上である。  $2 \mu\text{m}$  以上であると、  $2 \text{ Gb/in}^2$  以上の面記録密度を実現するための線記録密度を大きくしなければならぬため、磁気記録系の設計上望ましくない。一方、  $0.3 \mu\text{m}$  以下になると磁気ヘッドの加工精度を保つことが困難になり、実用上望ましくない。

【0017】本発明の磁気記録媒体を磁気ヘッドと組み合わせる磁気記録装置を構成する場合、数  $\text{Gb/in}^2$  以上の面記録密度を実現するためには、磁気ヘッドと磁気記録媒体を接触状態で相対運動させるコンタクト磁気記録方式を用いるのが望ましい。さらに、再生用の磁気ヘッド素子としては、巨大磁気抵抗効果 (G-MR) を用いた高感度な再生素子を用いる方が、高い面記録密度を実現するには有利である。

【0018】本発明により、特に磁気記録媒体から発生するノイズが低減され、かつ高分解能、高出力で高密度磁気記録に適することのできる改良された垂直磁気記録媒体が実現され、面記録密度を  $2 \text{ Gb/in}^2$  以上の磁気記録装置の実現が容易になった。

【0019】〈実施例1〉図5は本発明の第1の実施例の磁気記録媒体の断面構造を示す図である。直径  $2.5$  インチのガラスからなる基板101を  $300^\circ\text{C}$  の温度に保って、周知の高周波DCマグネトロンスパッタ法を用いて、  $\text{Cr-5 at \% Ti}$  からなる厚さ  $30 \text{ nm}$  の下地膜502を形成した。この膜は、磁性膜の結晶配向性を磁化容易軸が基板と垂直になるように制御するための膜であり、圧力  $10 \text{ mTorr}$  の  $\text{Ar}$  ガスをスパッタガスに用いて形成した。

【0020】上記下地膜502の上に、  $\text{h.c.p.}$  結晶構造を持った  $\text{Co-16 at \% Cr-4 at \% Ta}$  か

6

らなる厚さ  $40 \text{ nm}$  の多結晶の垂直磁化膜102を形成した後、厚さ  $2 \text{ nm}$  の  $\text{Pt}$  膜と厚さ  $3 \text{ nm}$  の  $\text{Co}$  膜を交互に10層積層して、積層垂直磁化膜103を形成した。これら多結晶の垂直磁化膜102および積層垂直磁化膜103の形成時の  $\text{Ar}$  圧力は、いずれも  $5 \text{ mTorr}$  とした。

【0021】厚さ  $10 \text{ nm}$  のカーボン膜からなる保護膜104および有機材料からなる厚さ  $5 \text{ nm}$  の潤滑膜 (図示せず) を形成して、磁気記録媒体を作製し、得られた磁気記録媒体の、膜面垂直方向で測定した保磁力の値は、  $1.5 \text{ kOe}$  であった。

【0022】この磁気記録媒体を (a) とし、上記  $\text{Co-Cr-Ta}$  の代わりに (b)  $\text{Co-15 at \% Cr-12 at \% Pt}$ 、(c)  $\text{Co-13 at \% Cr-8 at \% Pt-4 at \% Ta}$ 、(d)  $\text{Co-13 at \% Cr-10 at \% Pt-3 at \% B}$  および (e)  $\text{Co-CoO}$ 、  $\text{Co-10 at \% Cr-13 at \% Pt-3 at \% Zr-6 at \% O}$  の多結晶膜を、それぞれ上記多結晶垂直磁化膜102として用いて、第5図に示したのと同様な構造の磁気記録媒体を作成した。

【0023】一方、比較例 (1) として、厚さ  $30 \text{ nm}$  の  $\text{Cr-5 at \% Ti}$  膜、厚さ  $90 \text{ nm}$  の  $\text{Co-16 at \% Cr-4 at \% Ta}$ 、厚さ  $10 \text{ nm}$  のカーボン膜および厚さ  $5 \text{ nm}$  の潤滑膜をガラス基板上に順次積層して形成した垂直磁気記録媒体を作成した。同様に、比較例 (2) として、厚さ  $2 \text{ nm}$  の  $\text{Pt}$  膜と厚さ  $3 \text{ nm}$  の  $\text{Co}$  膜を交互に20層積層して形成した積層垂直磁化膜、厚さ  $10 \text{ nm}$  のカーボン膜および厚さ  $5 \text{ nm}$  の潤滑膜をガラス基板上に順次積層して、垂直磁気記録媒体を作成した。

【0024】これらの磁気記録媒体の記録再生特性を、記録用にリングヘッド、再生用にMRヘッドからなる録再分離型の磁気ヘッドを用い、磁気ヘッドと磁気記録媒体間の距離を  $0.04 \mu\text{m}$  として測定した。リングヘッドのトラック幅は  $1.2 \mu\text{m}$ 、ギャップ間隔は  $0.18 \mu\text{m}$ 、MRヘッドのトラック幅は  $0.9 \mu\text{m}$ 、磁気シールド間隔は  $0.25 \mu\text{m}$  であった。

【0025】測定結果を表1に示す。表1から明らかなように、本発明の磁気記録媒体は、比較例1、2よりも、記録分解能、再生信号および媒体ノイズ比 ( $\text{S/N}$ ) のバランスが良く、  $10^{-6}$  以下の良好なエラーレートが得られることが確認された。

【0026】

【表1】

7  
表 1

試料	a	b	c	d	e	比較例1	比較例2
保磁力Hc kOe	1.5	2.0	1.9	2.5	1.7	1.3	3.0
分解能 D <sub>50</sub> kFCI	190	210	195	230	205	150	120
S/N (相対値)	1.0	1.3	1.2	1.5	1.45	0.45	0.20
エラーレート	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-7</sup>	7×10 <sup>-7</sup>	2×10 <sup>-7</sup>	8×10 <sup>-7</sup>	8×10 <sup>-6</sup>	5×10 <sup>-6</sup>

【0027】〈実施例2〉本実施例は、図2に示す断面構造を有する磁気記録媒体を形成した例である。図2に示したように、直径2.5インチのSi基板101の上に、周知のDCマグネトロンスパッタ法を用いて、厚さ100nmのNi-Feパーマロイ膜からなる軟磁性膜205を形成した。この際の基板温度は350℃とし、スパッタガスとしては圧力3mTorrのArガスを使用した。

【0028】次に、hcp構造を持ったCo-17at%Cr-10at%Pt-3at%Taからなる厚さ25nmの多結晶垂直磁化膜102を、同様に、DCマグネトロンスパッタ法で形成し、厚さ2nmのPd膜と厚さ3nmのCo-10at%Cr膜を、高周波スパッタ法を用いて交互に10層積層して形成された積層垂直磁化膜103および、厚さ7nmのカーボンからなる保護膜205をDCマグネトロンスパッタ法で形成した。さらに成膜装置から試料をとりだして、有機材料からなる厚さ5nmの潤滑膜（図示せず）を形成して磁気記録媒体を作成した。得られた磁気記録媒体の媒体保磁力は2.7kOeであった。この磁気記録媒体を試料(a)とする。

表 2

試料	a	b	c	d	e	f
保磁力Hc kOe	2.7	2.2	1.9	2.1	1.7	2.6
分解能 D <sub>50</sub> kFCI	250	225	210	230	215	220
エラーレート	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-7</sup>	3×10 <sup>-7</sup>	2×10 <sup>-7</sup>	6×10 <sup>-7</sup>	2×10 <sup>-7</sup>

【0032】〈実施例3〉本実施例は、図6に示す断面構造を有する磁気記録媒体を形成した例である。図6に示したように、直径1.8インチのSiディスクからなる基板101の上に、周知DCマグネトロンスパッタ法を用いて、hcp構造を持ったCo-15at%Cr-8at%Pt-4at%Taからなる厚さ30nmの多結晶垂直磁化膜102を、基板温度200℃として形成した。

【0033】次に、周知の高周波スパッタ法を用いて、Tb-76at%Fe-3at%Coからなる厚さ25nmの非晶質垂直磁化膜603およびカーボンからなる厚さ5nmの保護膜104を連続して形成して、磁気記録媒体を作成した。上記Tb-Fe-Coからなる非晶質垂直磁化膜603の構造をX線回折法で調べ、非晶質

\*【0029】試料(a)において、上記多結晶垂直磁化膜102として、Co-Cr-Pt-Ta膜の代わりに、Co-21at%Cr、Co-23at%V、Co-18at%MoおよびCo-16at%Reをそれぞれ用いた以外は、試料(a)と同じである試料(b)、(c)、(d)および(e)を作成した。さらに上記積層垂直磁化膜14として、試料(a)において、PdとCo-Cr交互積層膜の代わりに光磁気記録媒体として検討されている非晶質のTb-Fe-Co膜を用いた以外は試料(a)と同じである試料(f)を作成した。

【0030】これらの磁気記録媒体を単磁極ヘッドからなる自己録再兼用型ヘッドを用いてヘッドと記録媒体の間の平均スペーシングが0.03μmとなるコンタクト磁気記録方式を用いて記録再生特性を調べた。磁気ヘッドのトラック幅は1μmとした。得られた結果を表2に示す。表2から明らかなように、いずれの磁気記録媒体においても、5Gb/in<sup>2</sup>の条件で10<sup>-6</sup>以下のエラーレートが得られた。

【0031】

【表2】

であることを確認した。

【0034】本実施例の磁気記録媒体において、Tb-Fe-Co膜の代わりに、Tb-81at%Fe、Gd-81at%Co、Sm-87at%Co、Sm-58at%Co-15at%Bを用いて作成した磁気記録媒体をそれぞれ作成した。Tb-Fe、Gd-Co、Sm-Co、Sm-Co-B膜は、いずれも非晶質構造をもつ垂直磁化膜であることが確認された。

【0035】これらの磁気記録媒体の記録再生特性を、実施例1と同様な条件で調べたところ、3Gb/in<sup>2</sup>の条件で10<sup>-6</sup>以下のエラーレートが得られた。

【0036】〈実施例4〉本実施例は、図7に示す断面構造を有する磁気記録媒体を形成した例である。図7に示したように、直径1.8インチのガラスからなる基板

9

101上に、この基板101の温度を1000℃に保って、周知の高周波マグネトロンスパッタ法を用いて厚さ25nmのTb-78at%Fe-3at%Co膜からなる非晶質垂直磁化膜603、DCマグネトロンスパッタ法を用いてhcp構造を持った厚さ30nmのCo-15at%Cr-8at%Pt-4at%Ta膜からなる多結晶垂直磁化膜102および厚さ7nmのカーボン膜からなる保護膜104を、順次形成して磁気記録媒体を作成した。

【0037】上記Tb-Fe-Co膜は非晶質構造を持つ垂直磁化膜であることが確認された。これらの磁気記録媒体を実施例1と同様な磁気ヘッドを用いてコンタクト条件で記録再生特性を調べたところ、4Gb/in<sup>2</sup>の条件で10<sup>-6</sup>以下のエラーレートが得られることが分かった。

【0038】〈実施例5〉上記実施例1において、多結晶垂直磁化膜102と積層垂直磁化膜103の間に厚さ2nmのTi-5at%Cr膜を挿入した以外は、実施例1と同じ構成を有する磁気記録媒体を作成した。これらの磁気記録媒体を、実施例1と同様な磁気ヘッドを用いて、コンタクト条件で記録再生特性を調べたところ、4Gb/in<sup>2</sup>の条件で2x10<sup>-7</sup>以下のエラーレートが得られた。

【0039】〈実施例6〉上記実施例3において、多結晶垂直磁化膜102と非晶質垂直磁化膜603の間に、厚さ2nmの非磁性のRe膜を導入した以外は、実施例3と同じ構成を有する磁気記録媒体を作成した。これらの磁気記録媒体を、実施例1と同様な磁気ヘッドを用いてコンタクト条件で記録再生特性を調べたところ、4Gb/in<sup>2</sup>の条件で10<sup>-7</sup>以下のエラーレートが得られた。

【0040】〈実施例7〉上記実施例2において、多結晶垂直磁化膜102と非晶質垂直磁化膜103の間に、厚さ2nmの非磁性のRe膜を導入した以外は、実施例2と同じ構成を有する磁気記録媒体を作成した。これらの磁気記録媒体を、実施例2と同様な磁気ヘッドを用いてコンタクト条件で記録再生特性を調べたところ、4Gb/in<sup>2</sup>の条件で10<sup>-7</sup>以下のエラーレートが得られた。

【0041】〈実施例8〉図8は本発明の他の実施例を示す断面図である。図8に示したように、直径2.5イ

表 3

試料	a	b	c	d	e	f
保磁力H <sub>c</sub> kOe	2.3	2.5	2.6	2.1	2.9	2.6
分解能 D <sub>50</sub> kFCI	240	215	226	230	218	250
エラーレート	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-8</sup>	3x10 <sup>-7</sup>	5x10 <sup>-7</sup>	5x10 <sup>-7</sup>

【0046】〈実施例9〉上記実施例8において、2種類の上記垂直磁化膜603、205の間に、厚さ3nm

10

\*ンチのガラスからなる基板101の上に、周知のDCマグネトロンスパッタ法を用いて、基板温度350℃、Arガス圧力3mTorrという条件で、厚さ100nmのNi-Feパーマロイからなる軟磁性膜205を形成した。

【0042】非晶質構造を持つ厚さ25nmのTb-Fe-Coからなる非晶質垂直磁化膜603、厚さ25nmのCo-17at%Cr-10at%Pt-3at%Taからなる多結晶垂直磁化膜102および厚さ7nmのカーボン膜からなる保護膜104を、いずれもDCマグネトロンスパッタ法で順次形成した。さらに、成膜装置から試料を取り出し、厚さ5nmの潤滑膜806を形成して、図8に示した磁気記録媒体を作成した。

【0043】得られた媒体保磁力は2.2kOeであった。この磁気記録媒体を試料(a)とする。試料(a)において、上記Co-Cr-Pt-Ta膜804の代わりに、Co-21at%Cr-4at%Ta膜、Co-20at%Cr-5at%Pt膜、Co-CoO膜およびCo-18at%Cr-8at%Pt-3at%Si膜をそれぞれ用いた以外は、上記(a)と同じ試料

(b)、(c)、(d)および(e)を作成した。さらに、上記試料(a)において、非晶質垂直磁化膜のTb-Fe-Co膜803とCo-Cr-Pt-Ta多結晶垂直磁化膜804の積層順を逆にした以外は上記試料

(a)と同じ試料(f)を作成した。

【0044】これらの磁気記録媒体を単磁極ヘッドからなる記録ヘッドとMRヘッドからなる再生ヘッドから構成された録再分離ヘッドを用い、記録媒体と磁気ヘッドの間の平均スペーシングが0.035μmとなるコンタクト磁気記録方式を用いて記録再生特性を調べた。記録磁気ヘッドのトラック幅は0.8μm、再生磁気ヘッドのトラック幅は0.6μmとした。得られた結果を表3に示す。表3から明らかなように、低周波再生出力が半減する記録密度(D<sub>50</sub>)はいずれも200kFCI以上であり、利用線記録密度が100kFCI以上の高密度磁気記録に適することが確認された。いずれの磁気記録媒体においても5Gb/in<sup>2</sup>の条件で10<sup>-6</sup>以下のエラーレートが得られることが認められた。

【0045】

【表3】

のCo-28at%Cr膜を介在させた以外は、実施例8と同じ磁気記録媒体を作成した。上記Co-28at



11

%Cr膜は、非磁性であった。得られた磁気記録媒体を、トラック幅が $0.8\mu\text{m}$ の単磁極リングヘッドとG-MR膜を用いた高感度再生ヘッドからなる録再生ヘッドを、コンタクト条件で摺動させて記録再生特性を測定した。磁気ヘッドと媒体磁性膜表面との距離は $0.03\mu\text{m}$ とした。その結果、 $8\text{Gb/in}^2$ の条件で10~6以下のエラーレートが得られることが確認された。

【0047】

【発明の効果】本発明によれば、媒体ノイズが低減され、しかも再生出力が大きい垂直磁気記録媒体が得られたので、 $2\text{Gb/in}^2$ 以上の高い記録密度を持つ磁気ディスク装置を容易に実現することができ、装置の小型化と大容量化が容易になった。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の磁気記録媒体を示す断面図、

\*

12

\*【図2】本発明の第2の実施例を示す断面図、

【図3】非磁性膜を有する発明の磁気記録媒体を示す断面図、

【図4】非磁性膜を有する本発明の磁気記録媒体を示す断面図、

【図5】本発明の第1の実施例を示す断面図、

【図6】本発明の第3の実施例を示す断面図、

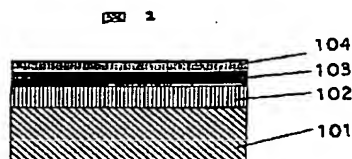
【図7】本発明の第4の実施例を示す断面図、

【図8】本発明の第8の実施例を示す断面図。

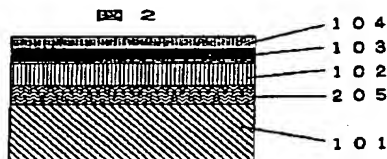
【符号の説明】

101……基板、102……多結晶垂直磁化膜、103……多層垂直磁化膜、104……保護膜、205……軟磁性膜、305……非磁性膜、603……非晶質垂直磁化膜、806……潤滑膜。

【図1】



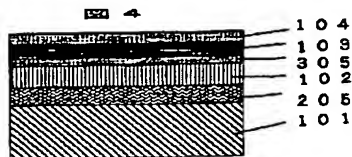
【図2】



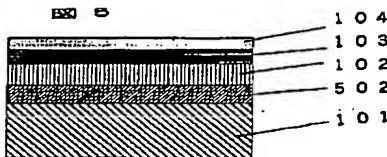
【図3】



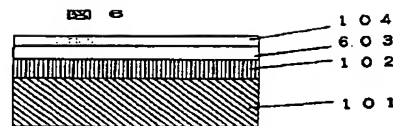
【図4】



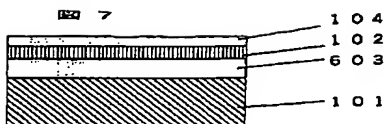
【図5】



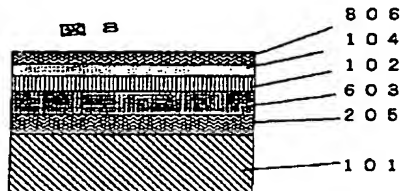
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 稲葉 信幸  
東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 中村 敦  
東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 高山 孝信  
東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内